

广东低温阴雨年景预测^{*}

黄露菁, 简裕庚

(中山大学大气科学系, 广东 广州 510275)

摘 要: 在广东省低温阴雨天气的特征和类型研究的基础上, 采用气候场主分量逐步回归预报模型, 通过相关分析和逐步回归, 求得低温阴雨场主分量与高度场、海温场、环流指数以及副高面积指数等因子场主分量之间的联系. 建立了广东低温阴雨场前 15 个主分量预报方程. 对广东 10 个代表站的 1990 年低温阴雨总日数作预测, 其结果平均绝对误差约为 4 d.

关键词: 低温阴雨; 主分量; 逐步回归; 气候场预报; 广东省

中图分类号: P426 613 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) 06-0091-04

低温阴雨天气是广东重要的灾害性天气之一, 它对春播育秧危害极大. 每年广东低温阴雨天气危害大小, 将直接严重影响农作物, 特别是早稻的产量. 因此, 低温阴雨天气年景预测对于防灾减灾工作十分重要.

低温阴雨天气是由于冷、暖空气相对峙而形成的, 它既与来自极地寒冷干燥的大陆气团相关, 还与温暖潮湿的海洋气团密切相连. 因此, 影响因素很多^[1]. 如果用统计学方法来进行相关分析或预测, 仅考虑两个场之间的相关分析或预报是不够的. 那么, 如何将一个气候场的预报与多个因子场的影响联系起来. 一些学者^[2,3]用主分量分析的方法研究了许多天气和气候方面的问题, 因为主分量分析可以集中气候场或者因子场的最重要的信息. 通过主分量的分析, 将气候场的预报变成对气候场的主分量的预报, 然后对该场的标准化主分量预报进行反算, 得到标准化变量和原始变量气候场的拟合和预报. 本文在广东低温阴雨天气特征和类型研究的基础上, 利用气候场的主分量逐步回归预报方法作广东各地低温阴雨年景预测.

1 预报模型

1.1 预报场的标准化处理

设 X_{pm} 场是一个有 p 个空间点, m 个时间点的标准化变量场:

$$X_{pm} = (x_{ki}) \tag{1}$$

$$(k = 1, 2, \cdots, p; i = 1, 2, \cdots, m)$$

式中, x_{ki} 为第 k 个空间点第 i 个时间点的标准化变量.

$$x_{ki} = \frac{(x_{ki} - \bar{x}_k)}{S_k} \quad (k = 1, 2, \cdots, p) \tag{2}$$

式中, $\bar{x}_k$ 和 S_k 分别为各空间点的平均值和标准差.

1.2 预报场的 PCA 计算

对标准化气候场 X_{pm} 进行 PCA 计算^[5], 得出

$$X_{pm} = V_p Y_m \tag{3}$$

式中, V 为 $(p \times r)$ 阶特征向量; Y 为 $(r \times m)$ 阶主分量; r 为 p 和 m 的最小值. 取前 k 个 (≤ 15) 主分量进行标准化, 即

$$Y_{rm} = \Lambda^{-\frac{1}{2}} Y_{rm} \tag{4}$$

式中, $\Lambda^{-\frac{1}{2}}$ 为 r 阶特征元素对角阵.

1.3 气候场标准化主分量的回归预报

取占 95% 以上方差的前 n 个主分量逐个建立回归模型, 则第 k 个标准化主分量的回归预报模型为:

$$y_{kt} = C_{k0} + \sum_{i=1}^L C_{ki} f_{kit} + e_{kt} \tag{5}$$

式中, C_{ki} 为各回归系数; f_{kit} 为各可能预报因子; L 为该回归方程所含可能预报因子数; e_{kt} 为误差. 为了获得对预报场第 k 个标准化主分量预报方程的 L 个可能预报因子, 必须由对因子场提取的大量因子进行相关筛选计算, 使用

^{*} 收稿日期: 2001-02-10; 作者简介: 黄露菁 (1953-), 女, 高级实验师.

$$\gamma_{kl} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{(y_{ki} - \bar{y}_k)(f_{li} - \bar{f}_l)}{S_k \circ S_l} \tag{6}$$

设定显著性水平 α , 若 $\gamma_{kl} > \gamma_\alpha$, 则第 l 个因子与预报量的相关显著, 可作为预选因子参加逐步回归.

对预报场第 k 个主分量进行逐步回归计算, 设有 L_k 个预报因子进入预报方程, 则

$$\hat{y}_{kt} = C_{ko} + \sum_{i=1}^{L_k} C_{ki} f_{kit} \tag{7}$$

$$(k = 1, 2, \cdots, n; t = 1, 2, \cdots, m)$$

根据前面计算, 对预报场标准化主分量的拟合预报, 可用下式表示

$$\mathbf{Y}_{k \times (m+s)} = \mathbf{Y}_{k \times m} \mathbf{Y}_{k \times s} \tag{8}$$

其中,

$$\mathbf{Y}_{k \times m} = (\hat{y}_{kj}) \quad (k = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m)$$
$$\mathbf{Y}_{k \times s} = (\hat{y}_{kj}) \quad (k = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m)$$

式中, s 为预报长度. 预报模型所作的预报结果, 从第 4 步开始, 所谓的“预报问题”的计算仅仅是对资料处理过程的回算.

1.4 气候场标准化变量的预报

首先对气候场标准化主分量预报的反算:

$$\hat{\mathbf{Y}}_{k \times (m+s)} = \Lambda^{\frac{1}{2}} \mathbf{Y}_{k \times (m+s)} \tag{9}$$

其中 $\Lambda^{\frac{1}{2}}$ 为对角阵. 然后对预报标准化变量场的回算:

$$\mathbf{X}_{p \times (m+s)} = \mathbf{V}_{p \times r} \mathbf{Y}_{r \times (m+s)} =$$
$$\mathbf{V}_{p \times r} (\mathbf{Y}_{r \times m} \mathbf{Y}_{r \times s}) = \mathbf{X}_{p \times m} \tilde{\mathbf{m}}_{p \times s} \tag{10}$$

$$\mathbf{X}_{p \times m} = [\hat{X}_{kj}] \tag{11}$$

$$(k = 1, 2, \cdots, p; j = 1, 2, \cdots, m)$$

$$\mathbf{X}_{p \times s} = [\hat{X}_{k(m+i)}] \tag{12}$$

$$(k = 1, 2, \cdots, p; i = 1, 2, \cdots, s)$$

其中 $\mathbf{Y}_{k \times m}$, $\mathbf{Y}_{k \times s}$ 前面已给出.

1.5 对原始气候场的回算

$$\mathbf{X}_{p \times (m+s)} = S_p \mathbf{X}_{p \times (m+s)} + E_p \tag{13}$$

其中, E_p 和 S_p 分别为原始气候场的均值和标准差序列.

1.6 预报结果的误差估计

第 k 个测站的残差估计为:

$$D_k = \left[\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m (\hat{x}_{ki} - x_{ki})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \tag{14}$$

$$(k = 1, 2, \cdots, p)$$

第 k 个测站的相对误差和总平均相对误差分别

为

$$E_{rk} = D_k / E_k \tag{15}$$

$$E_r = \sum_{i=1}^p E_{rk} / p \tag{16}$$

2 广东低温阴雨天气年景预报

取广东 47 个测站, 每年 1—4 月低温阴雨总日数, 并以 1954—1989 年为统计资料, 试报 1990 年.

2.1 对低温阴雨场作 PCA 计算

首先对原始数据进行标准化处理, 然后取前 21 个标准化主分量作为预报序列阵. 前 8 个分量的累积方差贡献如表 1, 它们已占总方差的 93.6%.

表 1 广东省低温阴雨总日数场前 8 个主分量所占方差

Tab. 1 The variance of the first 8 principal components of total days of microthem and overcast and rainy in Guangdong %

次序	1	2	3	4	5	6	7	8
所占方差	64.15	10.89	7.81	3.71	2.84	1.87	1.36	0.92
累积方差	64.15	75.04	82.85	86.55	89.40	91.27	92.63	93.55

2.2 因子场的选取

取 1954—1989 年北太平洋海温场 5 个区春夏秋冬季度的 PCA 的前 6 个主分量, 其中 1 区表示北太平洋西部 (180°E 以西, 10°S 及其以北, 2 区表示北太平洋东北部 (180°E 以东, 15°N 及其以北), 3 区表示太平洋东赤道区 (180°E 以东, 10°S—15°N), 4 区表示北太平洋北部 (20°N 及其以北), 5 区表示太平洋热带区 (10°S—30°N). 及取北半球 500 hPa 高度场 9 个区春夏秋冬各季 PCA 的前 6 个分量; 其中 1 区表示东北半球北部 (0°—180°E, 45°N 及其以北), 2 区表示东北半球南部 (0°—180°E, 0°—40°N), 3 区表示西北半球北部 (180°W—0°W, 45°N 及其以北), 4 区表示西北半球南部 (180°W—0°W, 0°—40°N), 5 区表示东北半球 (0°—180°E, 0°—85°N), 6 区表示西北半球 (180°W—0°W, 0°—85°N), 7 区表示北半球 (0°以北), 8 区表示太平洋南部 (45°N 以南), 9 区表示北太平洋北部 (45°N 以北) 以及取环流指数等等 312 个因子. 资料长度 $M=36$, 预报长度 $S=1$.

2.3 相关计算

对低温阴雨场前 15 个标准化主分量，用上述因子群逐个进行筛选计算，取显著性水平 $\alpha=0.10$ ，结果各个主分量都能找到 20~50 个可能预报因子，供逐步回归进一步筛选。单相关系数最小 0.275，最大 0.615。

2.4 逐步回归计算

给定因子选择的 F 分布临界信度 $F\alpha=0.80$ ，对年总日数的前 15 个标准化主分量，利用相关计算结果，逐个进行逐步回归计算，建立回归方程。1~15 个回归方程的复相关系数分别为 0.945，0.933，0.846，0.841，0.930，0.923，0.894，0.907，0.870，0.912，0.868，0.928，0.790，0.953，0.810。通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验。方程的复相关系数大多在 0.90 以上。

下面仅列出第 1、2 主分量的回归方程：

$$y_{1t}=0.4101-0.0241x_1+0.0401x_2+0.0478x_3-0.0862x_4-0.0811x_5+0.0426x_6-3.4062x_7+2.8100x_8-0.7433x_9-0.0431x_{10}$$

其中， x_1 为夏季高度场 1 区第 6 主分量； x_2 为秋季高度场 2 区第 5 主分量； x_3 为秋季高度场 3 区第 2 主分量； x_4 为冬季高度场 3 区第 5 主分量； x_5 为秋季高度场 8 区第 5 主分量； x_6 为秋季高度场 9 区第 3 主分量； x_7 为 11 月份欧洲环流指数； x_8 为 2 月份欧洲环流指数； x_9 为 2 月份亚洲环流指数； x_{10} 为 1 月份 500 hPa 西太平洋副高面积指数。

$$y_{2t}=-0.3832-0.0588x_1+0.0998x_2-0.0647x_3+0.1462x_4+0.1042x_5+0.8786x_6-0.6138x_7+0.1060x_8+0.1719x_9-0.0406x_{10}$$

其中， x_1 为春季高度场 1 区第 6 主分量； x_2 为秋季高度场 2 区第 5 主分量； x_3 为冬季高度场 2 区第 5 主分量； x_4 春季高度场 3 区第 4 主分量； x_5 为冬季高度场 6 区第 4 主分量； x_6 为欧洲 5 月环流指数； x_7 为亚洲 5 月环流指数； x_8 为夏季海温场 3 区第 3 主分量； x_9 为冬季海温场 3 区第 4 主分量； x_{10} 为秋季海温场 4 区第 2 主分量。

经过计算可以得到广东低温阴雨场各主分量的拟合和试报值。从图 1 来看，历史拟合变化趋势基本一致，试报结果也较好。其它主分量的拟合及试报情况类似。

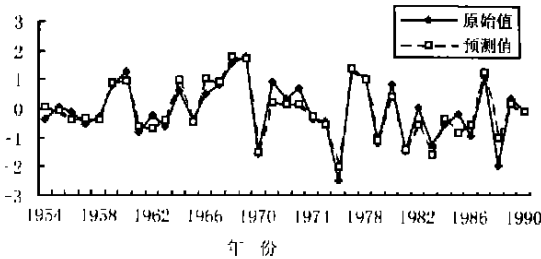


图 1 广东省低温阴雨场第 2 主分量拟合和预报曲线

Fig 1 The fitting and predicting curves of the second principal component of the weather of microthem and overcast and rainy in Guangdong

2.5 预报结果

选取广东省 10 个有代表性的测站作 1990 年的低温阴雨总日数预报，其结果表明大部分台站预报误差小于 20%，平均绝对误差约 4 d (表 2)。

表 2 1990 年广东 10 个测站低温阴雨的预报值和实测值
Tab. 2 The prediction results and measured data of total days of microthem and overcast and rainy for 10 stations in Guangdong in 1990

项目	南雄	韶关	连平	梅州	清远	河源	肇庆	广州	惠州	汕头
预测值	51.5	46.8	39.6	26.9	12.3	25.7	21.6	21.3	13.2	16.0
实际值	49.0	39.0	39.0	25.0	15.2	28.0	27.0	26.0	16.0	22.0
误差	2.5	7.8	0.6	1.9	-2.9	-2.3	-5.4	-4.7	-2.8	-6.0

3 结 论

(1) 建立了 15 个标准化主分量预报方程，通过 $\alpha=0.05$ 显著性检验，其方程的复相关系数最小为 0.790，最高为 0.942。计算结果表明，广东低温阴雨总日数各标准化主分量拟合和预测

总体趋势基本一致。1990 年 10 个站点低温阴雨天总日数预测结果，大部分测站误差小于 20%，平均绝对误差约 4 d。

(2) 预报因子来自各种因子场的主分量，为低温阴雨的预报摄取到高信息量的因子。而全省性低温阴雨天气严重或轻度的总日数分布主要

受东北半球和西北半球北部及太平洋高度场、欧洲和亚洲环流指数以及西太平洋副热带高压面积指数等因子影响为主；而南北型的总日数分布主要受东北半球和西北半球高度场、欧洲和亚洲环流指数、以及太平洋赤道和太平洋北部海温场等因子影响为主。其它分布的主要影响因子同样可以得到。

趋势分析[J] . 热带气象学报, 2000, 16: 76— 84.

[2] HARNACK R P, LANYANTE J R . Specification of United States seasonal precipitation [J] . Mon Wea Rev, 1985, 113: 319— 325.

[3] BROCCOLI A J, HANACK R P. Predictability of monthly north Pacific sea level pressure from monthly sea surface temperature for the period 1933— 1976[J] . Mon Wea Rev, 1981, 109: 2107— 2117.

[4] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法[M] . 北京: 气象出版社, 1990. 152— 195.

参考文献:

[1] 纪忠萍, 谢炯光. 广东省春季低温阴雨的年景变化

Prediction for the Length of the Weather of Microtherm and Overcast and Rainy in Guangdong Area

HUANG Lu-jing, JIAN Yu-geng

(Department of Atmospheric Science, Zhongshan University, Guanzhou 510275, China)

Abstract: Based on the studies of the characteristics and patterns of the weather of Microtherm and Overcast and Rainy (MOR) , the principals of the field of MOR and the relations of the fields of altitude, set, circulation index and area index of subtropical high etc. are obtained with the model of stepwise regression prediction of the principal component and the methods of correlation analysis and stepwise regression analysis. The prediction model of the first 15 principal components for MOR in Guangdong is established. The days of MOR of 10 stations in Guangdong in 1990 are predicted, with an average error of about 4 days.

Keywords: microtherm & overcast and rainy, principal component; stepwise regression; prediction of climate fields; Guangdong